



Etude hydrogéomorphologique de deux bassins versants en roches métamorphiques du massif des Maures

Claude Martin

► To cite this version:

Claude Martin. Etude hydrogéomorphologique de deux bassins versants en roches métamorphiques du massif des Maures. Etudes de Géographie Physique, 1992, XXI, pp.5-15. hal-00331851

HAL Id: hal-00331851

<https://hal.science/hal-00331851>

Submitted on 18 Oct 2008

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

ETUDE HYDROGEOMORPHOLOGIQUE DE DEUX BASSINS VERSANTS EN ROCHES MÉTAMORPHIQUES DU MASSIF DES MAURES (MAURETS ET VALESCURE)

par C. MARTIN *

RÉSUMÉ : Les bassins versants étudiés présentent des comportements hydrologiques légèrement différents. Les bilans hydrochimiques des ions Cl^- ne mettent pas en évidence de pertes d'eau par drainage profond. La capacité de stockage d'eau des bassins versants dépend de la nature des roches métamorphiques du substratum et de la disposition des structures planaires des roches par rapport à la pente des versants.

MOTS CLÉS : Bassin versant, fonctionnement hydrogéologique, roches métamorphiques.

ABSTRACT : The studied drainage basins have lightly different hydrological behaviours. The Cl^- ions hydrochemical budgets don't put in evidence water losses by deep drainage. The water stocking capacity of the drainage basins depends on the nature of the metamorphic rocks of the substratum and on the disposition of the level structures of the rocks in relation to the slopes.

KEY WORDS : Drainage basin, hydrogeological behaviour, metamorphic rocks.

I - INTRODUCTION

Les bassins versants des Maurets (8,35 km²) et du Valescure (9,36 km²) sont deux branches supérieures du bassin versant du Réal Collobrier (Fig. 1). Ils se trouvent situés au coeur de la partie métamorphique du massif des Maures, la plus élevée (780 m au sommet de la Sauvette) et la plus disséquée.

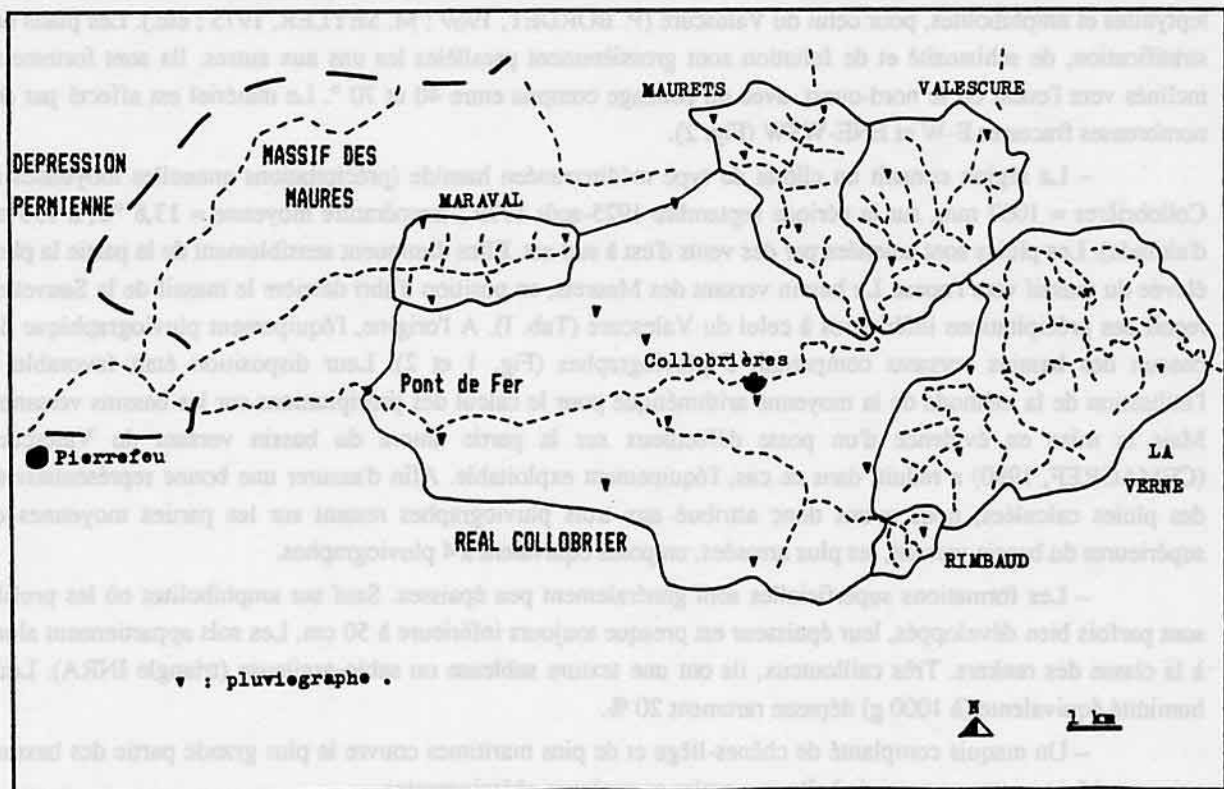


Figure 1 - Schéma de localisation des bassins versants.

* U.R.A. 903 du CNRS, Institut de Géographie, 29 Avenue Robert Schuman, 13621 AIX-EN-PROVENCE Cédex, FRANCE.
Membre du GIS Réal Collobrier.

Le CEMAGREF effectue des mesures hydrologiques sur le BVRE du Réal Collobrier depuis 1966. Les bassins versants des Maurets et du Valescure font partie du réseau d'observation. En complément de ses propres recherches, le CEMAGREF a soutenu des travaux destinés à mieux comprendre le fonctionnement hydrologique de ces deux bassins versants. Le présent article repose sur les résultats obtenus lors d'une première série d'investigations (C. MARTIN, 1980, 1986). De nouvelles recherches, faisant largement appel aux approches hydrochimiques et isotopiques, sont actuellement menées par le Laboratoire d'Hydrogéologie de l'Université d'Avignon (voir, dans le même numéro, l'article de V. MARC).

II - DESCRIPTION DU TERRAIN D'ÉTUDE

Les deux bassins versants contigus des Maurets et du Valescure (Fig. 2) constituent un ensemble relativement homogène :

- Ils présentent la même orientation, grossièrement Nord-Sud.
- Leurs caractères morphométriques sont semblables (CEMAGREF, 1979) :

	Maurets	Valescure
Longueur du rectangle équivalent (km)	5,607	4,440
Indice de compacité de GRAVELIUS	1,373	1,200
Indice de pente de ROCHE	0,313	0,340
Indice de pente global	0,075	0,080
Densité de drainage	2,390	2,489
Altitude maximale (m)	780	780
Altitude minimale (m)	209	211
Altitude moyenne (m)	446	463

- Leur substratum est constitué de roches métamorphiques : phyllades schisteux, phyllades détritiques, amphibolites et leptynites, essentiellement, pour le bassin versant des Maurets ; gneiss, micaschistes supérieurs, leptynites et amphibolites, pour celui du Valescure (P. BORDET, 1969 ; M. SEYLER, 1975 ; etc.). Les plans de stratification, de schistosité et de foliation sont grossièrement parallèles les uns aux autres. Ils sont fortement inclinés vers l'ouest ou le nord-ouest, avec un pendage compris entre 40 et 70 °. Le matériel est affecté par de nombreuses fractures E-W et ENE-WSW (Fig. 2).

- La région connaît un climat de type méditerranéen humide (précipitations annuelles moyennes à Collobrières = 1067 mm, sur la période septembre 1925-août 1979 ; température moyenne = 13,8 °C, à 153 m d'altitude). Les pluies sont amenées par des vents d'est à sud-est. Elles diminuent sensiblement de la partie la plus élevée du massif vers l'ouest. Le bassin versant des Maurets, en position d'abri derrière le massif de la Sauvette, reçoit des précipitations inférieures à celui du Valescure (Tab. I). A l'origine, l'équipement pluviographique de chacun des bassins versants comprenait 5 pluviographes (Fig. 1 et 2). Leur disposition était favorable à l'utilisation de la méthode de la moyenne arithmétique pour le calcul des précipitations sur les bassins versants. Mais la mise en évidence d'un poste défectueux sur la partie amont du bassin versant du Valescure (CEMAGREF, 1980) a réduit, dans ce cas, l'équipement exploitable. Afin d'assurer une bonne représentativité des pluies calculées, nous avons donc attribué aux trois pluviographes restant sur les parties moyennes et supérieures du bassin versant, les plus arrosées, un poids équivalent à 4 pluviographes.

- Les formations superficielles sont généralement peu épaisses. Sauf sur amphibolites où les profils sont parfois bien développés, leur épaisseur est presque toujours inférieure à 50 cm. Les sols appartiennent alors à la classe des rankers. Très caillouteux, ils ont une texture sableuse ou sablo-argileuse (triangle INRA). Leur humidité équivalente (à 1000 g) dépasse rarement 20 %.

- Un maquis complanté de chênes-liège et de pins maritimes couvre la plus grande partie des bassins versants. Mais on trouve aussi de belles suveraines et quelques châtaigneraies.

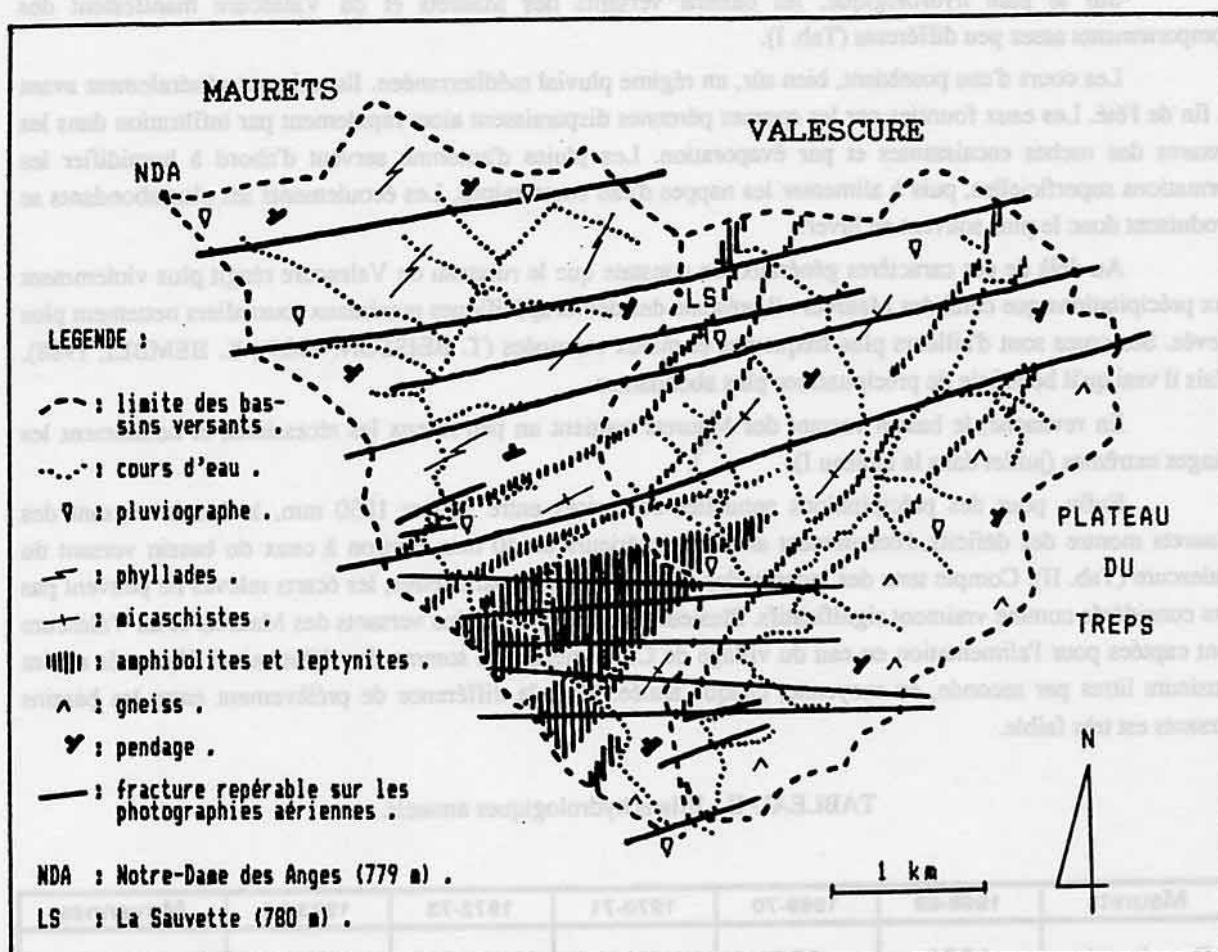


Figure 2 - Présentation des bassins versants des Maurets et du Valescure.

TABLEAU I - Données hydrologiques moyennes pour les bassins versants des Maurets et du Valescure sur les années 1968-69, 1969-70, 1970-71, 1972-73 et 1976-77 (pour lesquelles on dispose de mesures complètes).

Maurets	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Jt	At	Année
P (mm)	123	188	100	197	180	81	119	59	103	26	6,2	43	1224
L (mm)	4,1	45	28	64	127	50	64	41	28	10	2,8	1,5	464
QMj sp	29	669	97	950	220	221	109	180	112	13	3,9	21	950
Valescure	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Jt	At	Année
P (mm)	126	210	116	209	223	90	126	71	113	25	6,3	42	1357
L (mm)	8,3	79	41	94	177	67	69	50	40	9,7	1,0	1,0	635
QMj sp	41	861	155	1224	507	313	118	278	139	18	1,9	35	1224

P : précipitations moyennes sur le bassin versant . L : lame d'eau écoulée moyenne . QMj sp : débit maximal journalier spécifique sur les 5 années étudiées (l/s/km²) .

Sur le plan hydrologique, les bassins versants des Maurets et du Valescure manifestent des comportements assez peu différents (Tab. I).

Les cours d'eau possèdent, bien sûr, un régime pluvial méditerranéen. Ils tarissent généralement avant la fin de l'été. Les eaux fournies par les sources pérennes disparaissent alors rapidement par infiltration dans les fissures des roches encaissantes et par évaporation. Les pluies d'automne servent d'abord à humidifier les formations superficielles, puis à alimenter les nappes d'eau souterraines. Les écoulements les plus abondants se produisent donc le plus souvent en hiver.

Au delà de ces caractères généraux, on constate que le ruisseau de Valescure réagit plus violemment aux précipitations que celui des Maurets : il présente des débits spécifiques maximaux journaliers nettement plus élevés. Ses crues sont d'ailleurs plus fréquentes et mieux marquées (T. BEISSON, 1985 ; K. BEMBLI, 1988). Mais il vrai qu'il bénéficie de précipitations plus abondantes.

En revanche, le bassin versant des Maurets soutient un peu mieux les récessions, et notamment les étiages extrêmes (juillet dans le tableau I).

Enfin, pour des précipitations annuelles comprises entre 950 et 1830 mm, le bassin versant des Maurets montre des déficits d'écoulement annuels supérieurs de 40 mm environ à ceux du bassin versant du Valescure (Tab. II). Compte tenu des incertitudes sur les différents paramètres, les écarts relevés ne peuvent pas être considérés comme vraiment significatifs. Plusieurs sources des bassins versants des Maurets et du Valescure sont captées pour l'alimentation en eau du village de Collobrières. La somme des débits ainsi détournés atteint plusieurs litres par seconde, en moyenne, chaque année. Mais la différence de prélèvement entre les bassins versants est très faible.

TABLEAU II - Bilans hydrologiques annuels.

Maurets	1968-69	1969-70	1970-71	1972-73	1973-74	Moyennes
P (mm)	1298	953	983	1241	1647	1224
L (mm)	480	268	246	595	729	464
D (mm)	818	686	737	646	918	761
Valescure	1968-69	1969-70	1970-71	1971-72	1972-73	Moyennes
P (mm)	1427	1068	1079	1381	1827	1357
L (mm)	596	449	402	774	953	635
D (mm)	832	620	677	607	874	722

P : précipitations . L : lame d'eau écoulée . D : déficit d'écoulement (P - L) .

III - LES BILANS HYDROCHIMIQUES DES IONS CHLORURES

Afin de déterminer si les bassins versants subissent des pertes par drainage profond le long des failles, nous avons procédé à des mesures hydrochimiques durant l'année hydrologique 1976-77 (septembre 1976 - août 1977).

Le problème posé nécessite de considérer un élément mobile et très peu abondant dans les roches des bassins versants. Les ions chlorures constituent souvent à cet égard le marqueur idéal, car ils sont généralement peu représentés dans les roches métamorphiques et ne sont immobilisés par aucun piège géochimique ou biogéochimique efficace. Sous un climat suffisamment humide pour assurer une lixiviation rapide, les exportations en solution annuelles d'ions chlorures d'un bassin versant correspondent approximativement aux apports atmosphériques. Les comparaisons entre les bassins versants étudiés dans le cadre de ce travail sont d'autant plus instructives que les pluies présentent partout la même répartition dans le temps.

Soixante séries de prélèvements ont donné lieu à des mesures de la conductivité. Les ions chlorures ont été dosés sur quatorze séries d'échantillons (par volumétrie au nitrate mercurique, avec contrôles par des dosages colorimétriques). Les résultats obtenus montrent l'existence de corrélations bilogarithmiques, d'une part, entre les débits instantanés et les conductivités, pour chaque phase potamologique de récession, et, d'autre part, entre les conductivités et les teneurs en ions chlorures, pour des périodes regroupant plusieurs de ces phases. Ces informations fournissent les données nécessaires à l'établissement des équations permettant de déterminer les teneurs des eaux en ions chlorures à partir des débits pour toutes les phases hydrologiques de récession. Les exportations en solution sont ensuite calculées selon la méthode des pas de temps variables, en considérant tous les points de l'hydrogramme utilisés pour évaluer l'écoulement (C. MARTIN, 1981, 1987).

Les données recueillies sont portées dans le tableau III. Elles sont comparées aux valeurs trouvées pour deux bassins versants voisins (Rimbaud et La Verne), pour lesquels l'absence de roches chlorurées a été démontrée en comparant les entrées et les sorties mesurées (C. MARTIN, 1986). Dans le bassin versant du Rimbaud, de septembre 1976 à août 1979, les entrées mesurées au niveau d'une case en terrain défriché atteignent en moyenne 4,30 t/km²/an (P = 1269 mm ; teneur moyenne = 3,39 mg/l) et les sorties à l'exutoire du bassin versant, 5,46 t/km²/an (P = 1414 mm ; teneur moyenne des eaux d'infiltration = 3,86 mg/l). Toutefois l'écart entre les entrées et les exportations mesurées doit être interprété en tenant compte, d'une part, de l'hétérogénéité spatiale du volume des précipitations et, d'autre part, de l'interception très efficace des poussières sèches et des aérosols atmosphériques par la végétation. Sur ce dernier point, soulignons qu'en 1979-80, sur une période d'observation de plusieurs mois, les teneurs moyennes en ions Cl⁻ des eaux d'infiltration s'élèvent à 2,96 mg/l seulement au niveau de la case en terrain défriché, contre 3,49 mg/l sous bruyères arborescentes. Les entrées réelles d'ions chlorures avoisinent donc certainement les sorties.

TABLEAU III - Exportations d'ions chlorures de plusieurs bassins versants en 1976-77.

		Maurets	Valescure	Rimbaud	La Verne
P	(mm)	1647	1827	1876	1902
L	(mm)	722	981	1143	1128
Cl ⁻	(mg/l)	8,02	7,48	5,55	7,21
Exp. Cl ⁻	(t/km ²)	5,79	7,34	6,35	8,13
Cl ⁻ t	(mg/l)	3,52	4,02	3,38	4,27

P : précipitations . L : lame d'eau écoulée . Cl⁻ : concentration moyenne des ions chlorures dans les eaux écoulées .
Exp.Cl⁻ : exportations d'ions chlorures . Cl⁻ t : rapport [Exp.Cl⁻ (t/km²) / P (mm)] .

Dans le cas d'une année climatique pluvieuse survenant, comme 1976-77, après une autre année pluvieuse, le rapport [Exportations Cl⁻ (t/km²) / Précipitations (mm)] fournit une bonne approximation de la concentration moyenne des ions chlorures dans les eaux ayant pénétré dans les sols des bassins versants. Les valeurs correspondant aux bassins versants des Maurets et du Valescure occupent une position intermédiaire entre celles trouvées pour les bassins versants du Rimbaud et de La Verne.

Ces indications sont complétées par les analyses des eaux de pluie recueillies à 16 postes pluviographiques du CEMAGREF en 1979-80 (Tab. IV).

TABLEAU IV - Moyennes des concentrations en ions chlorures mesurées dans les eaux de pluie d'octobre 1979 à mai 1980 (7 séries de prélèvements).

	Maurets	Valescure	Rimbaud	La Verne	Maraval
n	6	5	1	6	2
Cl ⁻ (mg/l)	3,72	4,35	4,46	4,78	3,31

n : nombre de points de prélèvements . Cl⁻ : moyenne des concentrations des ions chlorures .

L'on constate que les concentrations des ions chlorures diminuent sensiblement d'est en ouest, depuis le bassin versant de La Verne jusqu'à celui du Maraval (voir Fig. 1). A cet égard, trois facteurs interviennent conjointement : l'altitude des principaux reliefs ; l'éloignement de la mer, source des ions Cl^- ; et l'exposition par rapport aux vents d'origine marine. Les concentrations mesurées en 1979-80 pour les bassins versants de La Verne, des Maurets et du Valescure sont conformes aux valeurs fournies par les exportations en solution en 1976-77. En effet, les rapports $\text{Cl}^-_{1976-77} (\text{mg/l}) / \text{Cl}^-_{\text{pluie } 1979-80} (\text{mg/l})$ ont des valeurs très voisines pour ces trois bassins versants : 0,94 pour le bassin versant des Maurets ; 0,92 pour celui du Valescure et 0,89 pour celui de La Verne. Seul le bassin versant du Rimbaud montre, de ce point de vue, des entrées d'ions Cl^- quelque peu déficientes en 1976-77 ($\text{Cl}^-_{1976-77} / \text{Cl}^-_{\text{pluie } 1979-80} = 0,78$ - $\text{Cl}^-_{\text{Rimbaud}} / \text{Cl}^-_{\text{La Verne}} = 0,79$ en 1976-77 ; 0,87 en 1977-78 et 0,90 en 1978-79). Le bassin versant du Maraval ne peut pas servir à une telle comparaison, car il renferme des roches chlorurées d'âge permien.

En définitive, les exportations d'ions chlorures mesurées en 1976-77 sur les bassins versants des Maurets et du Valescure, correspondent à peu près aux apports atmosphériques de cet élément. Les entrées d'ions Cl^- sont plus faibles sur le bassin versant des Maurets, du fait de l'obstacle constitué par le massif de la Sauvette face aux vents d'origine marine d'est à sud-est. La modestie des exportations d'ions chlorures mesurées sur ce bassin versant ne témoigne donc pas en faveur de pertes d'eau par sous-écoulement.

IV - PARTICULARITÉS DU FONCTIONNEMENT HYDROGÉOLOGIQUE DES BASSINS VERSANTS

Les modalités de la circulation des eaux sur les versants de roches métamorphiques du massif des Maures ont été étudiées à partir du relevé de très nombreuses sources, en particulier sur le bassin versant du Maraval (C. MARTIN, 1973), d'observations de terrain sur le fonctionnement des bassins versants lors de précipitations abondantes (en 1971-72, 1972-73, 1976-77 et 1977-78), et de recherches à caractère géomorphologique (C. MARTIN, 1973, 1986). Les circulations des eaux sont apparues en grande partie conditionnées par les relations entre la direction de la pente topographique et celle des structures planaires des roches.

Plusieurs points doivent être soulignés :

1 / Hormis peut-être sur quelques replats barrés où affleurent des amphibolites (arénisées sur plusieurs mètres d'épaisseur, mais peu altérées en profondeur), les nappes de versant sont des nappes de fissures. La plupart des sources se localisent sur des versants dont la pente topographique a une direction perpendiculaire à celle de la stratification et de la schistosité des roches (C. MARTIN, 1973). Des eaux s'échappant latéralement de tels versants peuvent, certes, alimenter quelques sources pérennes situées sur des versants dont la pente topographique est parallèle à la direction des structures planaires. Mais les suintements intermittents n'en sont pas moins, ici, les plus fréquents.

2 / Les structures planaires des roches, mises en valeur par les phénomènes de décompression (suite au déséquilibre des contraintes internes lié à l'incision du réseau hydrographique) et par l'altération, interviennent de la manière suivante :

- Elles favorisent l'infiltration profonde des eaux.
- Elles servent de drains pour l'évacuation des eaux infiltrées vers le bas des versants, lorsque la pente topographique leur est parallèle. Les écoulements n'ont pas, dans ce cas, la possibilité de se concentrer.
- Enfin, elles permettent le stockage d'eaux gravitaires sur les versants dont la pente topographique présente une direction perpendiculaire à la leur. Le drainage oblique s'effectue alors le long de fractures grossièrement parallèles à la pente topographique. Lorsque cette disposition est réalisée, les bancs de roches les moins fissurés, ainsi que les bancs de roches les moins altérés qui affleurent souvent sous forme de chicots, gênent l'évacuation des eaux vers le bas du versant et concourent ainsi à la formation de nappes. En protégeant les bancs les plus fragiles des phénomènes d'érosion mécanique, les bancs résistants à l'altération ont en outre permis la conservation d'arènes qui jouent bien sûr un rôle dans la rétention des eaux.

3 / La densité des structures planaires est plus forte à l'affleurement sur les versants dont la pente topographique est inclinée dans le sens opposé à celui du pendage. Mais une telle disposition semble

surtout favoriser la dissection du relief. L'incision des ruisseaux a créé des échines allongées sur lesquelles la pente topographique est parallèle à la direction des structures planaires.

4 / La décompression des roches est particulièrement sensible sur les versants où les structures planaires sont inclinées dans le même sens que la pente topographique. Cette disposition permet une pénétration profonde de l'altération. Les roches fragilisées sont fréquemment affectées par des phénomènes de fauchage.

5 / Soulignons enfin que l'évolution géomorphologique n'a pas été favorable à la formation de vallées parallèles aux structures planaires des roches. En effet, la concentration des eaux s'est réalisée de façon préférentielle sur des fractures qui leur étaient grossièrement perpendiculaires. Le vallon du Valescure, comme la partie supérieure du vallon des Maurets, figurent parmi les cas particuliers.

Les bassins versants des Maurets et du Valescure sont formés, chacun, de trois principaux sous-ensembles (voir Fig. 2) :

- Dans le bassin versant des Maurets, on distingue :
 - La partie inférieure, où les affleurements rocheux sont perpendiculaires au thalweg. Dans ce secteur, les amphibolites ont donné des formations superficielles épaisses.
 - Le versant occidental de la crête de la Sauvette, constitué de phyllades schisteux. Les versants ont souvent une pente topographique perpendiculaire à la direction des structures planaires des roches. Les zones sourceuses sont nombreuses.
 - Le versant oriental du sommet de Notre-Dame des Anges, en terrain de phyllades (alternance de bancs décimétriques ou métriques de phyllades schisteux et quartzeux). Le réseau hydrographique a découpé des échines perpendiculaires à la direction des structures planaires des roches.
- Dans le bassin du Valescure, les conditions sont sensiblement différentes :
 - Le versant oriental de la vallée, en dessous du plateau du Treps, est essentiellement constitué de gneiss. La direction des structures planaires des roches est en général perpendiculaire à celle de la pente topographique.
 - Dans la partie inférieure du versant occidental, les cours d'eau se sont encaissés dans des micaschistes associés à des leptynites et à des amphibolites. Comme sur le bassin versant des Maurets, les versants des échines ainsi constituées présentent une pente parallèle à la direction des structures planaires des roches.
 - En contrebas de la crête de la Sauvette, des amphibolites très altérées constituent un replat en position barrée. Plusieurs sources abondantes marquent le contact entre les amphibolites et les micaschistes qui protègent le replat.

V - LE STOCKAGE D'EAU PAR LES BASSINS VERSANTS

L'établissement des bilans hydrologiques mensuels permet de suivre les variations du stock d'eau des bassins versants en fonction d'un petit nombre de paramètres. Pour chaque mois, on peut poser :

$$St.f = St.i + Bh ; \text{ où }$$

St.f représente le stock d'eau final mensuel (en mm) ;

St.i le stock d'eau initial mensuel ;

et Bh le bilan hydrologique mensuel [= précipitations - (lame d'eau écoulée + évapotranspiration)].

Pour l'évapotranspiration, nous avons pris en compte l'évapotranspiration potentielle selon la formule de TURC, calculée à partir des mesures de la température et de la radiation solaire effectuées par le CEMAGREF. La température sur chaque bassin versant a été estimée à partir de l'altitude moyenne, en tenant compte du gradient altitudinal.

Chaque année, le stock d'eau initial est considéré comme nul. Certes, les cours d'eau tarissent en été, mais il subsiste des sources pérennes. Nous évaluons donc, en fait, la différence de stock par rapport à un état initial indéterminé. La connaissance des précipitations, de l'évapotranspiration potentielle et de la lame d'eau écoulée permet de suivre, mois par mois, une évolution que l'on souhaiterait la plus représentative possible de

celle du stock d'eau du bassin versant. La plus forte valeur atteinte dans l'année représente approximativement le stock d'eau maximal accumulé au cours de l'année, qu'il s'agisse d'eau de rétention maintenue dans l'ensemble des couches aquifères préalablement desséchées ou d'eau gravitaire emmagasinée par les couches aquifères situées sous les formations superficielles. L'utilisation des données mensuelles, et non de celles recueillies à des pas de temps plus réduits, constitue bien sûr une source d'imprécision. Celle-ci résulte à la fois de la prise en compte d'une partie de l'évapotranspiration avant les premières pluies abondantes, d'une part, et de la vidange d'une partie des nappes d'eau souterraines avant la fin du mois où le stockage annuel est maximal, d'autre part. Cependant les comparaisons restent instructives pour des bassins versants voisins, car ils connaissent la même répartition dans le temps des précipitations. Les résultats obtenus sont portés dans le tableau V.

TABLEAU V - Stockages d'eau annuels (mm) de bassins versants du massif des Maures.

	Maurets 8,4 km²	Valescure 9,4 km²	Rimbaud 1,5 km²	La Verne 20,9 km²	Réal Collobrier	Maraval 5,4km²
66 - 67 S	(927)				266	
67 - 68	252* (762)		191		212	
68 - 69	359* (1427)	342	190		355	
69 - 70	345 (1068)	271	183		283	263
70 - 71	341 (1079)	315	204	280	301	230
71 - 72	447 (1542)		238	326	429	378
72 - 73	400 (1241)	352	238	204	348	259
73 - 74	596 (1608)	510	254	386	437	460
74 - 75	(1081)	303	131	255	292	268
75 - 76	(1369)	366	194	348		299
76 - 77 A	370 (1647)	326	212	220		

Entre parenthèses : précipitations sur le bassin versant des Maurets . Réal Collobrier : station du Pont de Fer (70 km²) .
 S : précipitations de septembre concentrées à la fin du mois (sous-estimation de la valeur réelle du stockage annuel de 80 mm environ) . A : précipitations abondantes en août 1976 (sous-estimation de la valeur réelle du stockage annuel de 50 à 70 mm environ) . * : mesures des écoulements peu satisfaisantes .

Ce tableau appelle plusieurs remarques :

1 / Le bassin versant des Maurets accumule les stocks d'eau les plus importants. Ceux du Valescure et du Réal Collobrier, lequel est constitué essentiellement de phyllades, réalisent souvent des stockages annuels à peine un peu plus faibles. Les valeurs minimales correspondent à des bassins versants où affleurent très largement les gneiss : Rimbaud et La Verne. Le rôle de la lithologie a déjà été soulignée par J.P. CAMBON (1986), dans une étude sur les coefficients d'écoulement. La totalité du bassin versant du Rimbaud, ainsi qu'une partie importante de celui de La Verne, sont constitués de gneiss peu décompressés, dans un secteur du massif où les phases d'érosion linéaire amorcées au Plio-Quaternaire ont eu des effets limités. Cependant la nature et l'état des roches ne sont pas les seuls facteurs déterminants. En effet, les stockages sont souvent assez modestes sur le bassin versant du Maraval, constitué uniquement de phyllades.

2 / Les stocks d'eau ne participent que très partiellement à l'alimentation des ruisseaux. Après des précipitations abondantes, la lame d'eau disponible pour l'écoulement en phase de tarissement est inférieure à 80 mm sur tous les bassins versants dont nous avons étudié les hydrogrammes.

3 / Les variations interannuelles du stockage sont considérables. Pour tous les bassins versants, les valeurs maximales du stockage annuel ont été obtenues en 1973-74, soit en février (avec des précipitations de 40 à 50 mm au cours des trois derniers jours du mois), soit en avril (pour le Maraval). Avec des précipitations de 1608 mm sur le bassin versant des Maurets, 1973-74 se place parmi les années les plus arrosées. Elle survenait après une année déjà humide (1241 mm sur le bassin versant des Maurets), au cours de laquelle le stockage avait déjà été très fort (400 mm). On ne peut donc pas invoquer la reconstitution de réserves préalablement épuisées.

4 / Toutes les années à forts stockages furent très pluvieuses : 1968-69, 1971-72, 1972-73 et 1975-76 (précipitations sur le bassin versant des Maurets = 1427, 1542, 1241 et 1369 mm). 1976-77 fut encore

plus arrosée, mais les stockages sont restés modestes : 370 mm sur le bassin des Maurets, pour des précipitations de 1647 mm. Cependant, si l'on tient compte des pluies d'août 1976 (118 mm), la valeur du stockage annuel du bassin versant des Maurets a dépassé 400 mm en 1976-77.

5 / Les différences de répartition des pluies dans l'année sont sans doute responsables des écarts interannuels sur le stockage (Tab. VI). Avec quatre mois très pluvieux (octobre, décembre, janvier et février), 1973-74 apparaît comme une année extrêmement favorable au stockage. D'octobre à février, le bassin versant des Maurets a reçu 1151 mm. En 1971-72, le stockage annuel s'est produit en février, avec des précipitations fortement concentrées de novembre à février (1023 mm). En 1972-73, il s'est produit en mars, après 1163 mm de précipitations. Enfin, en 1976-77, il s'est placé en janvier, avec 1015 mm de pluie à partir d'octobre. Les différences sont fortes entre 1973-74 (quatre mois à pluviosité élevée), 1971-72 (un mois à pluviosité exceptionnelle et deux mois à pluviosité élevée), 1972-73 (trois mois à pluviosité élevée) et 1976-77 (un mois à pluviosité exceptionnelle et un mois à pluviosité élevée) : elles sembleraient indiquer que, pour des précipitations abondantes, la durée de l'engorgement de couches aquifères habituellement non saturées influence la constitution des stocks d'eau.

TABLEAU VI - Précipitations mensuelles (mm) sur le bassin versant des Maurets.

	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Jt	At
1966 - 67	157	242	186	34	58	121	34	17	32	33	2	10
1967 - 68	30	32	136	31	5	192	30	176	67	47	2	14
1968 - 69	214	95	134	104	138	157	193	78	113	41	3	29
1969 - 70	197	27	102	190	211	23	129	10	41	18	0	6
1970 - 71	1	85	100	215	114	30	109	163	131	29	3	3
1971 - 72	73	3	225	138	197	463	138	96	44	116	7	43
1972 - 73	144	207	74	344	170	138	87	31	14	16	2	15
1973 - 74	36	243	11	247	273	377	188	122	92	13	1	6
1974 - 75	155	29	54	34	77	265	180	76	86	85	0	42
1975 - 76	126	48	235	107	106	123	78	214	96	16	103	118
1976 - 77	59	527	90	133	266	58	81	15	214	24	23	159

6 / L'hypothèse émise à la fin du paragraphe précédent est étayée par la valeur très moyenne des stockages effectués en 1968-69, année humide (1427 mm sur le bassin versant des Maurets) venant après une année sèche (762 mm en 1967-68). Une répartition des pluies trop équilibrée de septembre à mars n'a pas permis d'atteindre des stockages élevés.

7 / Dans le même ordre d'idée, on constate que le bassin versant du Maraval, qui figure souvent parmi les bassins versants à stockage annuel faible, a présenté des valeurs très élevées en 1971-72 et 1973-74. De fait, ce bassin versant reçoit des précipitations beaucoup moins élevées que le coeur du massif :

	Maraval	Maurets
1971-72	1082 mm	1542 mm
1972-73	819 mm	1241 mm
1973-74	1267 mm	1608 mm

Dans ces conditions, il faut des années particulièrement humides pour que ses capacités de stockage soient bien utilisées.

8 / Le stockage d'eau annuel se produit toujours tardivement, le plus souvent pas avant le mois de janvier. Il en fut ainsi en 1973-74 comme en 1976-77 dans le bassin versant des Maurets (Tab. VII). Il suit donc d'assez loin l'apparition de l'écoulement. Or le comportement des cours d'eau pourrait, par ailleurs, laisser croire que les vides responsables de la capacité de rétention des couches aquifères des bassins versants sont très rapidement saturés. En effet, la position des points limites sur les graphes de récession, représentés en

coordonnées semi-logarithmiques, se fixe aussi parfaitement que possible presque immédiatement après l'organisation de l'écoulement (C. MARTIN, 1986). Le stockage annuel des bassins versants intéresse donc non seulement les vides saturés dès les premières pluies abondantes, mais encore des pores et - peut-être aussi - des fissures très difficilement accessibles au sein des roches. Les eaux ainsi piégées ne sont pas mobilisables par gravité.

TABLEAU VII - Réalisation du stockage d'eau annuel du bassin versant des Maurets en 1973-74 et en 1976-77.

	1973 - 74				1976 - 77			
	P	ETP	L	St	P	ETP	L	St
Septembre	36	99	0	0	59	81	4	0
Octobre	243	56	18	169	527	47	190	290
Novembre	11	26	3	151	90	26	93	260
Décembre	247	19	74	305	133	21	56	315
Janvier	273	22	86	470	266	16	196	370*
Février	377	19	233	596*	58	35	45	348
Mars	188	47	162	575				

P : précipitations (mm) . ETP : évapotranspiration selon la formule de TURC (mm) . L : lame d'eau écoulée (mm) . St : stock d'eau accumulé depuis le début de l'année hydrologique (mm) . * : stockage annuel .

VI - CONCLUSION

D'après les données utilisées dans le cadre de ce travail, le bassin versant des Maurets présente des déficits d'écoulement annuels légèrement supérieurs à ceux du bassin versant de Valescure. Il réagit moins violemment aux précipitations, mais soutient un peu mieux les étiages.

L'étude des stockages d'eau annuels dans les bassins versants met en évidence une accumulation progressive au cours de l'année hydrologique. Le stock d'eau atteint souvent sa valeur maximale plusieurs mois après l'organisation de l'écoulement. Les valeurs les plus élevées du stockage annuel correspondent, pour tous les bassins versants, à une année très humide venant après une autre année humide. Elles ne résultent donc pas de la reconstitution de réserves préalablement épuisées. Ce résultat doit être rattaché aux modalités de la distribution de l'eau à l'intérieur des volumes rocheux des zones habituellement non saturées des aquifères.

Dans la partie métamorphique du massif des Maures où les formations superficielles sont très peu épaisses, les différences de comportement hydrologique sont déterminées par deux facteurs principaux :

1 / La lithologie. Les amphibolites, en raison de leur altération, et les phyllades, du fait de leur fissilité, permettent un fort stockage.

2 / La disposition des structures planaires des roches par rapport à la pente topographique. Les conditions sont particulièrement favorables à l'accumulation des eaux lorsque la direction des structures planaires est perpendiculaire à celle de la pente des versants et que ceux-ci sont inclinés dans le même sens que le pendage. En revanche, l'évacuation des eaux est facilitée lorsque la direction des structures planaires est parallèle à la pente des versants.

La présence de nappes pérennes sur les versants dont la pente a une direction perpendiculaire à celle des structures planaires des roches assure une meilleure alimentation des ruisseaux lors des étiages. Cette disposition permet en outre une forte rétention d'eau au niveau des roches altérées de la zone habituellement non saturée des aquifères. Celles-ci ont pu être, en effet, largement conservées du fait de leur protection par les bancs de roches les plus résistants. Elles demeurent sans doute épaisses dans la partie sommitale des versants où la topographie fini-miocène a été peu dégradée par l'incision du réseau hydrographique au Quaternaire.

Les bassins versants des Maurets et du Valescure présentent des capacités de stockage relativement

élevées. Cela tient à l'existence de larges secteurs favorables à l'accumulation des eaux (partie inférieure amphibolitique et versant occidental de la crête de la Sauvette, sur le bassin versant des Maurets ; replats barrés amphibolitiques dominés par le sommet de la Sauvette et versant occidental du plateau du Treps, sur celui de Valescure).

L'abondance des précipitations et les conditions lithologiques déterminent les différences de comportement hydrologique entre les bassins versants. Le bassin versant du Valescure, qui reçoit les pluies les plus fortes, présente les crues les plus violentes. Mais la lithologie intervient également puisque, de son côté, le bassin versant des Maurets enregistre les stockages d'eau annuels les plus élevés et assure au réseau hydrographique un soutien légèrement plus efficace lors des étiages. Les gneiss et les micaschistes dominent dans le premier cas, les phyllades dans le second. Cette différence de lithologie se retrouve pour les versants sur lesquels les relations entre la pente topographique et les structures planaires des roches permettent un stockage abondant. Le versant occidental de la crête de la Sauvette est formé de phyllades schisteux, alors que la retombée occidentale du plateau du Treps est surtout constituée de gneiss.

Remerciements : Nous sommes reconnaissant à la Société du Canal de Provence et au Groupement d'Aix-en-Provence du CEMAGREF de l'aide qu'ils nous ont apportée.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BEISSON T. - 1985 *Étude des écoulements sur le bassin versant du Réal Collobrier. Modélisation pluie-débit.* Mém. 3^{ème} année de l'Ecole Nationale des Ingénieurs et des Techniques Sanitaires de Strasbourg, Ed. CEMAGREF, 125 p.
- BEMBLI K. - 1988 *Bassins versants d'investigation du Réal Collobrier. Modélisation des crues sur quatre bassins versants et comparaison stationnelle.* Mém. 3^{ème} année de l'Ecole Nationale des Ingénieurs et des Techniques Sanitaires de Strasbourg, Ed. CEMAGREF, 109 p. + annexes.
- BORDET P. - 1969. Carte géologique Collobrières au 1/50000, avec notice explicative. Feuille XXXIV-45 (couverte en collaboration avec G. MENNESSIER). B.R.G.M., ORLÉANS.
- CEMAGREF - 1979 *Bassin versant du Réal Collobrier : récapitulatif des observations 1966-1975.* CEMAGREF, Aix-en-Provence, 83 p.
- CEMAGREF - 1980 *Compte rendu d'expérimentation après implantation de trois nouveaux pluviographes.* CEMAGREF, Aix-en-Provence, 10 p. + annexes.
- CAMBON J.P. - 1986 *Étude du coefficient d'écoulement moyen sur le système de bassins versants emboîtés du Réal Collobrier.* CEMAGREF, Aix-en-Provence, 25 p.
- MARC V. - 1992 *Traçage chimique et isotopique des composantes de l'écoulement sur un petit bassin versant méditerranéen (Réal Collobrier).* Travaux de l'URA 903 (Études de Géographie physique), n°XXI. pp.17-28.
- MARTIN C. - 1973 *Étude de Géographie physique dans la partie nord-occidentale du massif des Maures.* Thèse de 3^{ème} cycle, Nice, 453 p.
- MARTIN C. - 1980 *Approche hydrogéochimique d'un problème hydrologique : comparaison des comportements hydrologiques des bassins versants des Maurets et du Valescure (massif des Maures).* Rapport au CEMAGREF (Groupement d'Aix-en-Provence), 6 p.
- MARTIN C. - 1981 *L'établissement de bilans hydrogéochimiques dans la partie occidentale du massif des Maures. Approche méthodologique.* *Physio-Géo*, n° 2, p. 39-58.
- MARTIN C. - 1986 *Contribution à l'étude de la dynamique des versants en roches métamorphiques ; l'exemple du massif des Maures.* Thèse de Doctorat d'Etat, Paris I, 935 p.
- MARTIN C. - 1987 *Les mesures de l'érosion chimique dans les bassins versants de roches cristallines : comparaison des résultats obtenus par différentes méthodes d'investigation dans le massif des Maures (Var - France).* *Z. Geomorph.*, Vol. 31, n° 1, p. 73-84.
- SEYLER M. - 1975 *Pétrologie et lithostratigraphie des formations cristallophylliennes dans la chaîne de la Sauvette (Maures, Var, France).* Thèse 3^{ème} Cycle, Nice, 184 p.